

5

Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für eine Brennkraftmaschine

## Stand der Technik

10

Die Erfindung betrifft eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für eine Brennkraftmaschine, insbesondere mit Kraftstoff-Direkteinspritzung, mit mindestens zwei Ventilelementen, von denen ein Ventilelement eine in Öffnungsrichtung  
15 wirkende Druckfläche, welche einen Druckraum begrenzt, und eine in Schließrichtung wirkende Beaufschlagungseinrichtung aufweist, und von denen ein anderes Ventilelement eine in Schließrichtung wirkende hydraulische Steuerfläche, welche einen hydraulischen Stellerraum begrenzt, der wenigstens  
20 zeitweise mit einem Hochdruckanschluss verbunden ist, und eine in Öffnungsrichtung wirkende Beaufschlagungseinrichtung aufweist, und mit einem Stellerventil, welches den Stellerraum mit einem Niederdruckanschluss verbinden kann.

25

Eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art ist aus der DE 100 58 130 A1 bekannt. Diese zeigt eine Einspritzdüse für Brennkraftmaschinen mit zwei koaxial angeordneten und separat ansteuerbaren Ventilelementen. Das  
30 äußere Ventilelement ist druckgesteuert, das heißt, es hebt durch Erhöhen eines Einspritzdruckes, der an einer in Öffnungsrichtung wirkenden Druckfläche angreift, gegen eine Federkraft von seinem Ventilsitz ab und gibt hierdurch entsprechende Austrittsöffnungen frei. Das innere  
35 Ventilelement ist hubgesteuert. Das heißt, es öffnet, wenn

der Druck eines Hydraulikfluids in einem Steuerraum abgesenkt wird. Die in Öffnungsrichtung wirkende Kraft des inneren Ventilelements wird durch den an einer entsprechenden Druckfläche angreifenden Einspritzdruck

5 bereitgestellt. Für die Steuerung der bekannten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung sind mindestens zwei Druckspeicher mit unterschiedlichen Druckniveaus und mindestens zwei Steuerventile erforderlich.

10 Die Gründe für die Realisierung von Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen mit mehreren Ventilelementen sind folgende:

Insbesondere bei Dieselmotoren ist es zur  
15 Senkung der Emissionen und zur Steigerung des Wirkungsgrads erforderlich, den Kraftstoff möglichst fein zerstäubt in die entsprechenden Brennräume der Brennkraftmaschine einzuspritzen. Dies kann entweder dadurch erreicht werden, dass der Einspritzdruck, mit dem der Kraftstoff in die  
20 Kraftstoff-Einspritzvorrichtung gelangt, hoch ist, oder dass die Anzahl der Kraftstoff-Austrittsöffnungen, aus denen der Kraftstoff von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in den Brennraum austritt, erhöht und gleichzeitig der einzelne Querschnitt einer Kraftstoff-Austrittsöffnung gesenkt wird. Diese Maßnahmen ermöglichen  
25 eine Verbesserung der Zerstäubungsqualität der eingespritzten Kraftstoffstrahlen bei gleichzeitiger Verringerung der Tropfendurchmesser des erzeugten Kraftstoffnebels ("Spray").

30

Durch die Verwendung von mehreren Ventilelementen, welche jeweils eine gewisse Anzahl von Kraftstoff-Austrittsöffnungen freigeben, kann auch dann, wenn nur eine kleine Kraftstoffmenge eingespritzt werden soll, eine gute  
35 Zerstäubungsqualität erzielt werden. Dabei muss in jenem

Fall, in dem eine große Kraftstoffmenge eingespritzt werden soll, eine übermäßig lange Einspritzdauer und/oder ein übermäßig hoher Einspritzdruck nicht in Kauf genommen werden.

5

Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass sie möglichst einfach angesteuert werden kann und dennoch zuverlässig arbeitet. Gleichzeitig soll bei ihrem Einsatz an der entsprechenden Brennkraftmaschine ein gutes Emissions- und Verbrauchsverhalten erzielt werden können.

10

Diese Aufgaben werden bei einer Kraft-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass sie eine Zusatz-Ventileinrichtung umfasst, welche in einer ersten Endstellung den Druckraum nur mit dem Niederdruckanschluss und den Steuerraum mit dem Hochdruckanschluss verbindet, in einer zweiten Endstellung den Druckraum mindestens vorwiegend mit dem Hochdruckanschluss verbindet und mindestens einen Bereich des Steuerraums im Wesentlichen vom Hochdruckanschluss trennt, und in einer Zwischenstellung den Druckraum mindestens vorwiegend mit dem Hochdruckanschluss und den Steuerraum auch mit dem Hochdruckanschluss verbindet.

20

25

#### Vorteile der Erfindung

Bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist nur ein Hochdruck- und ein Niederdruckanschluss erforderlich. Auf eine Mehrzahl von Druckspeichern mit unterschiedlichen Druckniveaus kann verzichtet werden. Das Öffnen und Schließen der Ventilelemente kann dabei unabhängig voneinander gesteuert werden.

30

35

In der ersten Endstellung der Zusatz-Ventileinrichtung herrscht im Druckraum ein geringer Druck, so dass das erste Ventilelement von der Beaufschlagungseinrichtung in die Schließstellung gedrückt werden kann. Gleichzeitig herrscht im Steuerraum ein hoher Druck, durch den das zweite Ventilelement ebenfalls in die Schließstellung gedrückt wird.

- 5  
10  
15  
20
- In der zweiten Endstellung der Ventileinrichtung herrscht im Druckraum ein hoher Druck, der an der Druckfläche eine entsprechende hydraulische Öffnungskraft bewirkt, durch die das erste Ventilelement öffnet. Gleichzeitig ist der hydraulische Steuerraum vom Hochdruckanschluss im Wesentlichen getrennt, und kann daher über das Steuerventil ausschließlich mit dem Niederdruckanschluss verbunden werden. Der Druck im Steuerraum sinkt daher deutlich und schnell ab und das zweite Ventilelement kann von der in Öffnungsrichtung wirkenden Beaufschlagungsvorrichtung geöffnet werden. In dieser zweiten Endstellung sind also beide Ventilelemente geöffnet.

- 25  
30
- In der erfindungsgemäß vorgesehenen Zwischenstellung ist der Druckraum mit dem Hochdruckanschluss verbunden, es herrscht in diesem also ein hoher Druck, durch den das erste Ventilelement geöffnet wird. Der Steuerraum dagegen ist auch mit dem Hochdruckanschluss verbunden. Wird er nun gleichzeitig über das Steuerventil mit dem Niederdruckanschluss verbunden, stellt sich im Steuerraum ein "Zwischendruck" ein. Die in Öffnungsrichtung auf das zweite Ventilelement wirkende Beaufschlagungseinrichtung ist so ausgelegt, dass auch bei einem solchen Zwischendruck im hydraulischen Steuerraum das zweite Ventilelement noch zuverlässig geschlossen bleibt. In dieser Zwischenstellung

der Ventileinrichtung ist somit nur das erste Ventilelement geöffnet.

Dies alles wird letztlich nur mit den bereits bei üblichen  
5 Vorrichtungen vorhandenen Hochdruck- und  
Niederdruckanschlüssen ermöglicht, so dass die  
erfindungsgemäße Kraftstoff-Einspritzvorrichtung preiswert  
und einfach baut. Durch die druckgesteuerte Öffnung des  
ersten Ventilelements wird ein rampenförmiger Druckanstieg  
10 bei gleichzeitig geschlossenem zweitem Ventilelement  
erreicht. Dies führt besonders bei niedriger Last der  
Brennkraftmaschine zu einem günstigen Emissions- und  
Verbrauchsverhalten. Wird die Ventileinrichtung dagegen  
sofort in die zweite Endstellung gebracht, öffnen sehr  
15 schnell beide Ventilelemente, was im Volllastbetrieb bei  
hohen Drehzahlen der Brennkraftmaschine die Realisierung  
eines rechteckigen Einspritzverlaufs ermöglicht. Hierdurch  
kann die gesamte Einspritzdauer bei hohen Drehzahlen  
begrenzt werden.

20 Das Ansteuerprinzip kann sehr einfach auch bei bestehenden  
Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen umgesetzt werden, da  
beispielsweise an den Ventilelementen selbst keine  
Änderungen erforderlich sind. Darüber hinaus ergeben sich  
25 bei der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung gemäß der Erfindung  
die typischen Vorteile von Kraftstoff-  
Einspritzvorrichtungen mit zwei Ventilelementen. Hierzu  
gehört, dass beispielsweise im Teillastbetrieb der  
Brennkraftmaschine kleine Einspritzmengen auch bei  
30 vergleichsweise hohem Druck realisiert werden können. Dies  
deshalb, da dann, wenn nur das erste Ventilelement öffnet,  
nur wenig Austrittsöffnungen "aktiv" sind, und daher  
längere Einspritzzeiten realisiert werden können. Dadurch  
wird auch bei kleinen einzuspritzenden Mengen eine ähnlich  
35 gute Zerstäubung wie im Volllastbetrieb erreicht. Eine

harte Verbrennung mit starker Geräuschbildung wird vermieden.

Außerdem sinken die Genauigkeitsanforderungen an die  
5 Einhaltung einer sehr kurzen Schaltzeit bei der  
Einspritzung sehr kleiner Mengen, wie sie beispielsweise  
bei einer Voreinspritzung vorliegen. Hierdurch kann die  
Mengenstreuung von einer Einspritzung zu einer anderen  
Einspritzung reduziert werden.

10 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in  
Unteransprüchen angegeben.

Zunächst wird vorgeschlagen, dass die Zusatz-  
15 Ventileinrichtung einen zylindrisches Schaltkörper  
aufweist, welcher eine erste Ventilkante, die den Druckraum  
vom Niederdruckanschluss trennt, und eine zweite  
Ventilkante, die den Druckraum mit dem Hochdruckanschluss  
verbindet, und eine hydraulische Steuerfläche aufweist, die  
20 den hydraulischen Stellerraum begrenzt. Die  
Zusatzventileinrichtung ist in diesem Fall also ein  
hydraulisches Servoventil. Ein solches ist technisch  
einfach zu realisieren und arbeitet zuverlässig.  
Zusätzliche Ansteuerleitungen sind nicht erforderlich.

25 Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn in dem  
Schaltkörper ein Fluidkanal ausgebildet ist, welcher  
wenigstens zeitweise den Hochdruckanschluss mit dem  
Stellerraum verbindet. Ein solcher Fluidkanal kann in den  
30 Schaltkörper einfach eingebohrt werden und reduziert die  
beispielsweise an einem Gehäuse der Kraftstoff-  
Einspritzvorrichtung vorzunehmenden spanabhebenden Arbeiten  
auf ein Minimum. Letztlich werden hierdurch bei der  
Herstellung Kosten gespart.

Dabei kann in dem Fluidkanal eine Strömungsdrossel vorhanden sein, oder er kann insgesamt als Strömungsdrossel ausgebildet sein. Eine solche Strömungsdrossel wird auch als "Zulaufdrossel" oder "Z-Drossel" bezeichnet. Durch die Dimensionierung der Zulaufdrossel wird der Druckabfall, der Druckaufbau, und auch die Höhe des Zwischendrucks dann, wenn die Zusatz-Ventileinrichtung in der Zwischenstellung ist, beeinflusst. Hierdurch kann insgesamt das Schaltverhalten der gesamten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung eingestellt werden.

Ebenfalls sehr einfach zu fertigen ist jene Weiterbildung der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, bei welcher an einer axialen Begrenzungsfläche des Steuerraums ein Dichtabschnitt vorhanden ist, an dem der Schaltkörper in der zweiten Endstellung in Anlage kommt, und welcher in dieser zweiten Endstellung des Schaltkörpers einen von der Steuerfläche des zweiten Ventilelements begrenzten und mit dem Niederdruckanschluss verbindbaren Bereich des Steuerraums von einem mit dem Fluidkanal verbundenen Bereich des Steuerraums trennt. Auf diese Weise wird in der zweiten Endstellung des Schaltkörpers der an der Steuerfläche des zweiten Ventilelements angreifende hydraulische Druck sehr schnell abgesenkt, da der Zustrom von Kraftstoff aus dem Fluidkanal stark gedrosselt oder sogar weitgehend unterbunden wird. Wenn der Schaltkörper in der zweiten Endstellung angelangt ist, öffnet das zweite Ventilelement daher mit großer Geschwindigkeit, was die Ausbildung des gewünschten rechteckförmigen Einspritzverlaufs begünstigt. Dabei sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Dichtabschnitt beispielsweise am Schaltkörper selbst ebenso wie an einer dem Schaltkörper gegenüberliegenden Gehäusefläche vorhanden sein kann.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die in Schließrichtung an dem ersten Ventilelement wirkende

----- Beaufschlagungseinrichtung so ausgelegt ist, dass das erste Ventilelement bei einem vergleichsweise geringen Druck am  
5 Hochdruckanschluss öffnet. In diesem Fall wird ein sehr flacher Druckanstieg bei geringem Druck am Hochdruckanschluss ermöglicht, was bei geringer Last der Brennkraftmaschine der Fall sein kann. Gleichzeitig wird ein steiler Druckanstieg bei hoher Last gewährleistet, bei  
10 der zumeist ein hoher Druck am Hochdruckanschluss anliegt.

Ferner wird vorgeschlagen, dass der Schaltkörper eine zentrische Durchgangsöffnung aufweist, in der ein Abschnitt des zweiten Ventilelements geführt ist. Hierdurch werden  
15 die Abmessungen der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung sehr klein gehalten.

#### Zeichnung

20

Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

25

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffsystems einer Brennkraftmaschine mit mehreren Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen;

30

Figur 2 einen Teilschnitt durch eine der Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen von Figur 1;

Figur 3 ein Detail III der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 2;

35



Figur 4 ein Detail IV der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 2; und

Figur 5 ein Diagramm, in dem der Einspritzverlauf bei einer Betätigung der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 2 in unterschiedlichen Betriebsfällen gezeigt ist.

#### 10 Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Ein Kraftstoffsystem einer Brennkraftmaschine trägt in Figur 1 insgesamt das Bezugszeichen 10. Es umfasst einen Kraftstoffbehälter 12, aus dem eine elektrische Kraftstoffpumpe 14 den Kraftstoff zu einer Hochdruckpumpe 16 fördert. Diese fördert den Kraftstoff weiter zu einer Kraftstoff-Sammelleitung 18 ("Rail"), in der der Kraftstoff unter sehr hohem Druck gespeichert ist. An die Kraftstoff-Sammelleitung 18 sind mehrere Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 20 angeschlossen, die den Kraftstoff direkt in ihnen zugeordnete Brennräume 22 einspritzen.

Der Anschluss der Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 20 an die Kraftstoff-Sammelleitung 18 erfolgt über Hochdruckanschlüsse 24. Eine Niederdruckleitung 26 verbindet die Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 20 mit dem Kraftstoff-Behälter 12. Hierzu sind an den Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 20 Niederdruckanschlüsse 28 vorgesehen. Der Betrieb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 20 wird von einem Steuer- und Regelgerät 30 gesteuert beziehungsweise geregelt.

Figur 2 zeigt eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 20 stärker im Detail: Sie umfasst ein Gehäuse 32, in dem in einer stufenförmigen Längsbohrung 33 zwei zueinander

koaxiale Ventilelemente 34 und 36 geführt sind. Das äußere Ventilelement 36 ist druckgesteuert, das innere Ventilelement 34 hubgesteuert.

- 5 Das äußere Ventilelement 36 weist hierzu in etwa auf Höhe seiner halben Länge eine Druckfläche 38 auf, deren Kraftresultierende in Öffnungsrichtung zeigt. Die Druckfläche 38 begrenzt einen Druckraum 40, der, wie weiter unten noch im Detail gezeigt werden wird, über einen Kanal  
10 42 wahlweise mit dem Niederdruckanschluss 28 oder dem Hochdruckanschluss 24 verbunden werden kann. Ein Ringraum 43 führt vom Druckraum 40 bis zu dem in Figur 2 unteren und in Einbaulage in den Brennraum 22 ragenden Ende der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 20, welches im Detail in  
15 Figur 3 gezeigt ist.

- Dort ist am äußeren Ventilelement 36 eine weitere Druckfläche 38b vorhanden. Eine Dichtkante 44 des äußeren Ventilelements 36 arbeitet mit einer konischen  
20 Gehäusefläche 46 zusammen. Hebt die Dichtkante 44 von der Gehäusefläche 46 ab, werden Kraftstoff-Austrittskanäle 48, die über den Umfang der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 20 verteilt angeordnet sind, mit dem Ringraum 43 verbunden. Eine Druckfeder 50 beaufschlagt das äußere Ventilelement 36  
25 in die geschlossene Stellung, in welcher die Dichtkante 44 an der Gehäusefläche 46 anliegt.

- Das innere Ventilelement 34 ist bereichsweise im äußeren Ventilelement 36 geführt. Es weist an seinem in Figur 2  
30 unteren Ende ebenfalls eine in Öffnungsrichtung wirkende Druckfläche 51 und eine Dichtkante 52 auf, die im geschlossenen Zustand ebenfalls an der Gehäusefläche 46 anliegt. Zu dem inneren Ventilelement 34 gehören Kraftstoff-Austrittskanäle 54, die ebenfalls über den  
35 Umfang der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 20 verteilt

angeordnet sind. Das innere Ventilelement 34 weist einen Druckstangenabschnitt 56 (vgl. Figur 2) auf, der einen etwas größeren Durchmesser hat als jener Abschnitt (ohne Bezugszeichen), an dem die Dichtkante 52 vorhanden ist.

5 Der Druckstangenabschnitt 56 wird an seinem in Figur 2 oberen Ende (vergleiche auch Figur 4) von einer hydraulischen Steuerfläche 58 begrenzt, welche in Schließrichtung des inneren Ventilelements 34 wirkt. Die  
10 hydraulische Steuerfläche 58 begrenzt einen hydraulischen Steuerraum 60. Von diesem führt eine Ablaufdrossel 62 zu einem elektromagnetischen 2/2-Schaltventil 64 (dieses kann aber auch als Piezoventil ausgestaltet sein). Über dieses kann die Ablaufdrossel 62 mit dem Niederdruckanschluss 28  
15 verbunden werden.

Das Öffnen und Schließen der beiden Ventilelemente 34 und 36 wird letztlich von einer Zusatz-Ventileinrichtung 66 beeinflusst, die als hydraulisches Servoventil ausgebildet  
20 ist. Dessen Aufbau wird nun insbesondere unter Bezugnahme auf Figur 4 näher erläutert:

Das Servoventil 66 umfasst einen zylindrischen Schaltkörper 68. Dieser weist eine zentrische Durchgangsbohrung 70 auf,  
25 durch die der Druckstangenabschnitt 56 des inneren Ventilelements 34 hindurchgeführt ist. Der Schaltkörper 68 weist insgesamt vier Abschnitte 68a, 68b, 68c, und 68d auf, die unterschiedliche Durchmesser aufweisen. Die beiden Abschnitte 68a und 68b sind in einem Abschnitt 33a der  
30 Längsbohrung 33 aufgenommen, wohingegen die beiden Abschnitte 68c und 68d in einem Abschnitt 33b der Längsbohrung angeordnet sind. Der Abschnitt 33b hat größeren Durchmesser als der Abschnitt 33a.

Der Außendurchmesser des in Figur 4 untersten Abschnitts 68a des Schaltkörpers 68 hat in etwa den gleichen Durchmesser wie der Abschnitt 33a der Längsbohrung 33, der Abschnitt 68d des Schaltkörpers 68 in etwa den gleichen

5 Durchmesser wie der Abschnitt 33b der Längsbohrung 33. Diese beiden Abschnitte sind daher in der Längsbohrung 33 fluiddicht geführt. Der Abschnitt 68b des Schaltkörpers 68 hat einen geringeren Durchmesser als der Abschnitt 68a. Der Abschnitt 68c hat einen größeren Durchmesser als der  
10 Abschnitt 68a, jedoch einen kleineren Durchmesser als der Abschnitt 68d.

Auf diese Weise wird zwischen den Abschnitten 68a und 68b des Schaltkörpers 68 eine Schieberkante 72 gebildet. Durch  
15 diese kann ein Kanal 74, der mit dem Niederdruckanschluss 28 in Verbindung steht, freigegeben oder verschlossen werden. Zwischen den Abschnitten 68b und 68c ist eine Dichtkante 76 gebildet, die mit einem leicht konischen Absatz 78, der zwischen dem Abschnitt 33a und 33b der  
20 Längsbohrung 33 vorhanden ist, zusammenarbeitet. Liegt die Dichtkante 76 am Absatz 78 an, ist ein Ringraum 80, der zwischen dem Abschnitt 68b des Schaltkörpers 68 und dem Abschnitt 33a der Längsbohrung 33 vorhanden ist, von einem Ringraum 82, der zwischen dem Abschnitt 68c des  
25 Schaltkörpers 68 und dem Abschnitt 33b der Längsbohrung 33 vorhanden ist, getrennt. Ist die Dichtkante 76 dagegen vom Absatz 78 abgehoben, sind die beiden Ringräume 80 und 82 miteinander verbunden. Der Kanal 42, der vom Druckraum 40 ausgeht, mündet in den Abschnitt 33a der Längsbohrung 33,  
30 und zwar in Figur 4 axial oberhalb der Einmündung des Kanals 74. Vom Ringraum 82 wiederum zweigt ein Hochdruckkanal 84 ab, der mit dem Hochdruckanschluss 24 in Verbindung steht. Im Hochdruckkanal 84 ist eine Drosselstelle 86 vorhanden.

Im Abschnitt 68d des Schaltkörpers 68 ist ein in axialer Richtung verlaufender Fluidkanal 88 vorhanden, in dem wiederum eine Zulaufdrossel 90 ausgebildet ist. Der Fluidkanal 88 verbindet den Ringraum 82 mit dem

5 hydraulischen Stellerraum 60. Die dem Stellerraum 60 zugewandte ringförmige Stirnfläche des Schaltkörpers 68 bildet eine hydraulische Steuerfläche 92. Die der Steuerfläche 92 des Schaltkörpers 68 gegenüberliegende gehäuseseitige Begrenzungsfläche (ohne Bezugszeichen) des  
10 Stellerraums 60 weist einen ringförmigen Dichtabschnitt 94 auf. Dieser ist in radialer Richtung gesehen zwischen der Mündung des Fluidkanals 88 in den Stellerraum 60 und der Steuerfläche 58 des inneren Ventilelements 34 angeordnet.

15 Die in den Figuren 2 bis 4 gezeigte Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 20 arbeitet folgendermaßen:

Bei geschlossenem 2/2-Schaltventil 64 ist die Verbindung zwischen dem Stellerraum 60 und dem Niederdruckanschluss 28  
20 unterbrochen. Gleichzeitig ist der Stellerraum 60 jedoch über den Hochdruckkanal 84, den Ringraum 82, und den Fluidkanal 88 mit dem Hochdruckanschluss 24 verbunden. Im Stellerraum 60 herrscht daher ein hoher Fluiddruck. Durch die entsprechende an der hydraulischen Steuerfläche 58 des  
25 inneren Ventilelements 34 in Schließrichtung wirkende hydraulische Kraft wird das innere Ventilelement 34 mit der Dichtkante 52 gegen die Gehäusefläche 46 gedrückt.

Durch die ebenfalls an der Steuerfläche 92 des  
30 Schaltkörpers 68 wirkende hydraulische Kraft wird dieser mit der Dichtkante 76 gegen den Absatz 78 gedrückt. In dieser Stellung des Schaltkörpers 68 gibt die Schieberkante 72 den Kanal 74 frei. Somit ist der Druckraum 40 über den Kanal 42 und den Ringraum 80 letztlich mit dem  
35 Niederdruckanschluss 28 verbunden. Die an den Druckflächen

38a und 38b wirkenden hydraulischen Kräfte sind vergleichsweise gering, so dass das äußere Ventilelement 36 von der Druckfeder 50 mit der Dichtkante 44 gegen die Gehäusefläche 46 gedrückt wird. Auch das äußere Ventilelement 36 ist daher geschlossen. Von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 20 wird kein Kraftstoff abgegeben.

Wird das 2/2-Schaltventil 64 geöffnet, wird der hydraulische Steuerraum 60 mit dem Niederdruckanschluss 28 verbunden. Hierdurch sinkt der Druck im Steuerraum 60. Aufgrund des im Ringraum 82 herrschenden hohen Drucks (dieser ist ja über den Hochdruckkanal 84 ständig mit dem Hochdruckanschluss 24 verbunden) hebt der Schaltkörper 68 nun mit der Dichtkante 76 vom Absatz 78 ab. Dies führt dazu, dass zum einen die Schieberkante 72 des Schaltkörpers 78 die Mündung des Kanals 74 verdeckt, so dass der Ringraum 80 nun vom Niederdruckanschluss 28 getrennt ist. Zum anderen werden hierdurch die beiden Ringräume 80 und 82 miteinander verbunden, so dass sich auch im Ringraum 80 und im Kanal 42 und dem Druckraum 40, sowie dem Ringraum 43 ein entsprechender hoher Fluiddruck aufbaut.

Die an den Druckflächen 38a und 38b in Öffnungsrichtung wirkenden hydraulischen Kräfte übersteigen die in Schließrichtung durch die Druckfeder 50 wirkende Kraft, so dass das äußere Ventilelement 36 mit der Dichtkante 44 von der Gehäusefläche 46 abhebt. Kraftstoff wird nun durch die Austrittskanäle 48 abgegeben. Dabei ergibt sich der bei druckgesteuerten Ventilelementen typische Druckverlauf, der in Figur 5 das Bezugszeichen 96 trägt, mit einem rampenförmigen Druckanstieg. Der Steuerraum 60 bleibt dabei weiterhin insgesamt über den Fluidkanal 88 mit dem Hochdruckanschluss 24 verbunden. Es stellt sich daher im hydraulischen Steuerraum 60 ein immer noch vergleichsweise hoher Zwischendruck ein, durch den verhindert wird, dass

das innere Ventilelement 34 öffnet. Kraftstoff wird also ausschließlich durch die Austrittskanäle 48 abgegeben.

---

5 Wenn die Steuerfläche 92 des Schaltkörpers 68 in dessen "oberer" Endstellung am gehäuseseitigen Dichtabschnitt 94 in Anlage kommt, wird die Verbindung des radial innen von dem Dichtabschnitt 94 liegenden Bereichs des Steuerraums 60 mit dem Fluidkanal 88 und somit letztlich mit dem Hochdruckanschluss 24 weitgehend oder sogar vollständig unterbrochen. Nun sinkt der Druck in diesem radial innen liegenden Bereich des Steuerraums 60 weiter ab, was zu einer entsprechenden Reduzierung der an der Steuerfläche 58 des inneren Ventilelements 34 in Schließrichtung wirkenden hydraulischen Kraft führt.

15

Da das äußere Ventilelement 36 mit seiner Dichtkante 44 von der Gehäusefläche 46 abgehoben hat, wirken nun an der Druckfläche 51 des inneren Ventilelements 34 in Öffnungsrichtung wirkende hydraulische Kräfte. Diese führen dazu, dass das innere Ventilelement 34 nun öffnet. Kraftstoff kann zusätzlich auch durch die Austrittskanäle 54 austreten. Dabei ergibt sich ein Druckverlauf, der in Figur 5 gestrichelt dargestellt ist und das Bezugszeichen 98 trägt.

25

Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird das 2/2-Schaltventil 64 wieder geschlossen. Hierdurch steigt der Druck im Steuerraum 60 wieder an. Aufgrund der an der Steuerfläche 92 des Schaltkörpers 68 wirkenden Kraft bewegt sich dieser wieder in seine Ausgangsstellung, in der er mit der Dichtkante 76 am Absatz 78 anliegt und in der die Schieberkante 72 den Kanal 74 wieder freigibt. Der Druckraum 40 wird hierdurch vom Hochdruckanschluss 24 getrennt und mit dem Niederdruckanschluss 28 verbunden, so

30

dass der Druck im Ringraum 80 und in der Folge auch im Kanal 42 und im Druckraum 40 absinkt.

Das äußere Ventilelement 36 kann daher von der Druckfeder  
5 50 wieder in die geschlossene Stellung gedrückt werden, in  
der die Dichtkante 44 an der Gehäusefläche 46 anliegt.  
Hierdurch sinkt die an der Druckfläche 51 des inneren  
Ventilelements 34 wirkende hydraulische Kraft, und  
gleichzeitig erhöht sich die an der Steuerfläche 58 des  
10 inneren Ventilelements 34 wirkende hydraulische Kraft.  
Somit wird dieses wieder in seine geschlossene Stellung  
gedrückt.

Soll bei einer Einspritzung nur das äußere Ventilelement 36  
15 öffnen, wird das 2/2-Schaltventil wieder geschlossen, bevor  
der Schaltkörper 68 mit der Steuerfläche 92 am  
Dichtabschnitt 94 in Anlage kommt. In diesem Fall ist der  
Steuerraum 60 gleichzeitig mit dem Niederdruckanschluss 28  
und über den Fluidkanal 88 mit dem Hochdruckanschluss 24  
20 verbunden. Daher ergibt sich im Steuerraum 60 (ggf. sehr  
kurzzeitig) ein "Zwischendruck", bei dem der Schaltkörper  
68 nicht ganz öffnet und das innere Ventilelement 34  
zuverlässig geschlossen bleibt. Zwar ist der Druckraum 43  
über die Zulaufdrossel 90 in gewisser Weise auch mit dem  
25 Niederdruckanschluss 28 verbunden, der entsprechende  
Druckabfall im Druckraum 43 ist jedoch so gering, dass dies  
noch nicht zu einem Schließen des äußeren Ventilelements 36  
führt. Geschlossen wird das äußere Ventilelement 36 erst,  
wenn die Schieberkante 72 den Kanal 74 wieder freigibt.

30 Auf eine Rückstellfeder für das innere Ventilelement 34  
kann verzichtet werden, da dieses im Normalbetrieb durch  
die herrschenden Druckkräfte sicher bewegt wird. Im Übrigen  
ist auch bei einem Defekt des 2/2-Schaltventils 64  
35 unabhängig vom Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 18



sichergestellt, dass kein Kraftstoff eingespritzt wird, da das äußere Ventilelement 36 durch die Druckfeder 50 geschlossen wird und somit auch den Zufluss zu den Kraftstoff-Austrittskanälen 54 unterbindet.

5

Ferner sei darauf hingewiesen, dass die Rampe des Druckverlaufs (Bezugszeichen 96 in Figur 5) beim Öffnen des äußeren Ventilelements 36 vom Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 18 abhängt. Bei einem hohen Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 18, wie er üblicherweise bei hoher Last und hohen Drehzahlen der Brennkraftmaschine eingestellt wird, kann eine vergleichsweise steile Rampe realisiert werden, das äußere Ventilelement 36 öffnet also entsprechend schnell. Bei geringer Last und entsprechend geringem Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 18 wird dagegen eine vergleichsweise flache Rampe realisiert.

5

## Ansprüche

1. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (20) für eine Brennkraftmaschine, insbesondere mit Kraftstoff-Direkteinspritzung, mit mindestens zwei Ventilelementen (34, 36), von denen ein Ventilelement (36) eine in Öffnungsrichtung wirkende Druckfläche (38), die einen Druckraum (40, 43) begrenzt, und eine in Schließrichtung wirkende Beaufschlagungseinrichtung (50) aufweist, und von denen ein anderes Ventilelement (34) eine in Schließrichtung wirkende hydraulische Steuerfläche (58), welche einen hydraulischen Steuerraum (60) begrenzt, der wenigstens zeitweise mit einem Hochdruckanschluss (24) verbunden ist, und eine in Öffnungsrichtung wirkende Beaufschlagungseinrichtung (51) aufweist, und mit einem Steuerventil (64), welches den Steuerraum (60) mit einem Niederdruckanschluss (28) verbinden kann, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Zusatz-Ventileinrichtung (66) umfasst, welche in einer ersten Endstellung den Druckraum (40, 43) nur mit dem Niederdruckanschluss (28) und den Steuerraum (60) mit dem Hochdruckanschluss (24) verbindet, in einer zweiten Endstellung den Druckraum (40, 43) mindestens vorwiegend mit dem Hochdruckanschluss (24) verbindet und mindestens einen Bereich des Steuerraums (60) im Wesentlichen vom Hochdruckanschluss (24) trennt, und in einer Zwischenstellung den Druckraum (40, 43) mindestens vorwiegend mit dem Hochdruckanschluss (24) und den Steuerraum (60) auch mit dem Hochdruckanschluss (24) verbindet.

2. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (20) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatz-Ventileinrichtung (66) einen zylindrischen Schaltkörper (68) aufweist, welcher eine erste Ventilkante (72), die den Druckraum (40, 43) vom Niederdruckanschluss (28) trennt, und eine zweite Ventilkante (76), die den Druckraum mit dem Hochdruckanschluss (24) verbindet, und eine hydraulische Steuerfläche (92) aufweist, die den hydraulischen Steuerraum (60) begrenzt.
- 10 3. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (20) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Schaltkörper (68) ein Fluidkanal (88) ausgebildet ist, welcher wenigstens zeitweise den Hochdruckanschluss (24) mit dem Steuerraum (60) verbindet.
- 15 4. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (20) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Fluidkanal (88) eine Strömungsdrössel (90) umfasst.
- 20 5. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass an einer axialen Begrenzungsfläche des Steuerraums (60) ein Dichtabschnitt (94) vorhanden ist, an dem der Schaltkörper (68) in der zweiten Endstellung in Anlage kommt, und welcher in dieser zweiten Endstellung des Schaltkörpers (68) einen von der Steuerfläche (58) des zweiten Ventilelements (34)) begrenzten und mit dem Niederdruckanschluss (28) verbindbaren Bereich des Steuerraums (60) von einem mit dem Fluidkanal (88) verbundenen Bereich des Steuerraums (60) trennt.
- 25 6. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die in Schließrichtung an dem ersten Ventilelement (36) wirkende Beaufschlagungseinrichtung (50) so ausgelegt ist,
- 30

dass das erste Ventilelement (36) bei einem vergleichsweise geringen Druck am Hochdruckanschluss (24) öffnet.

- 
7. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der
- 5 Schaltkörper (68) eine zentrische Durchgangsöffnung (70) aufweist, in der ein Abschnitt (56) des zweiten Ventilelements (34) geführt ist.

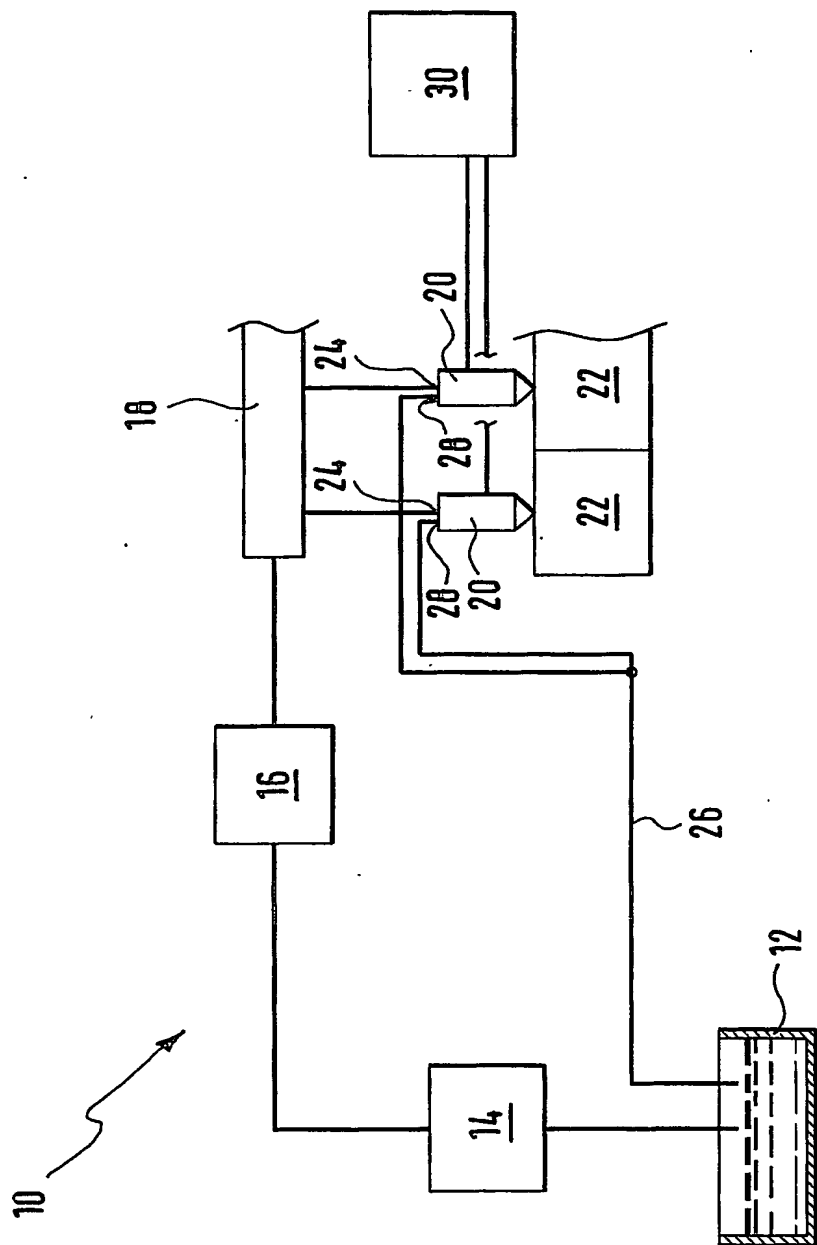


Fig. 1

2 / 4

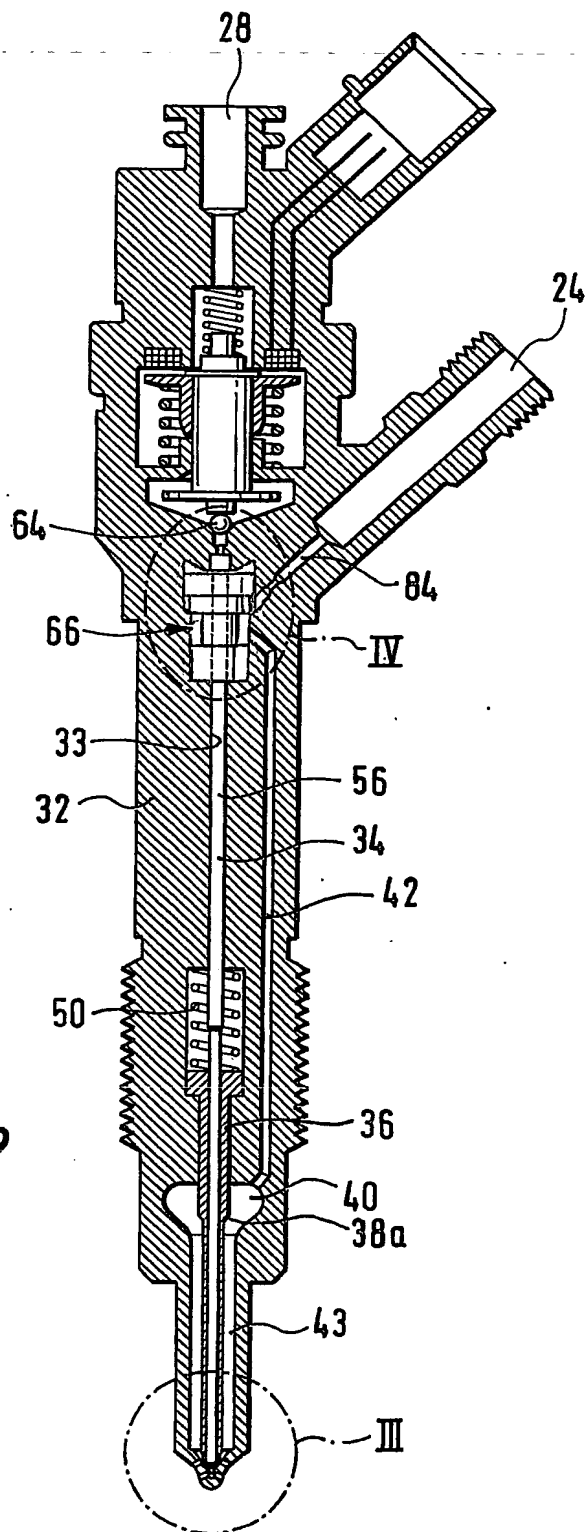
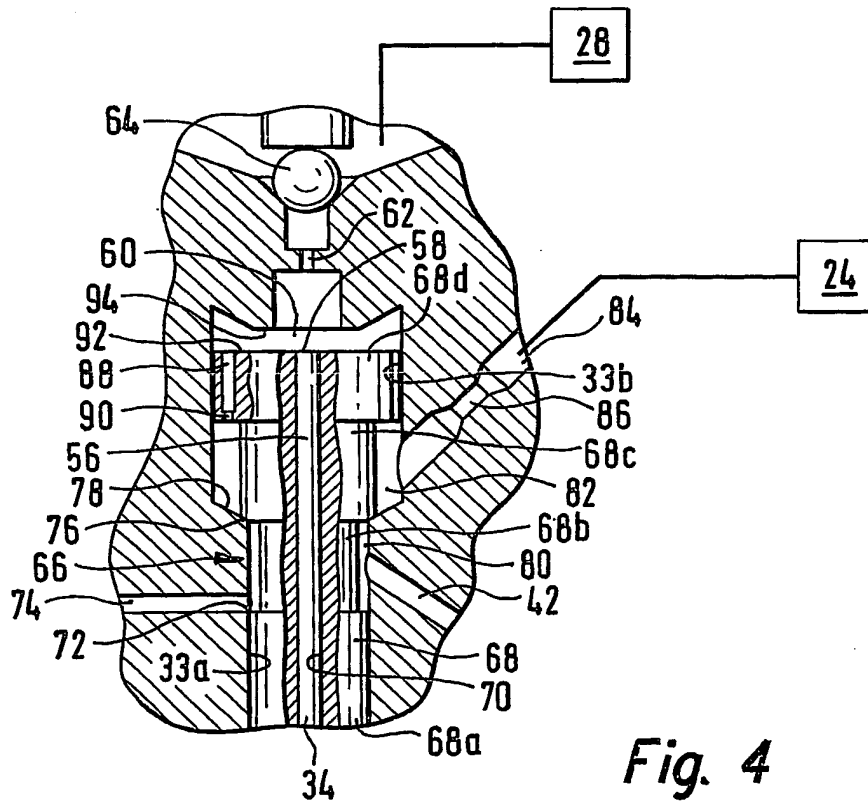
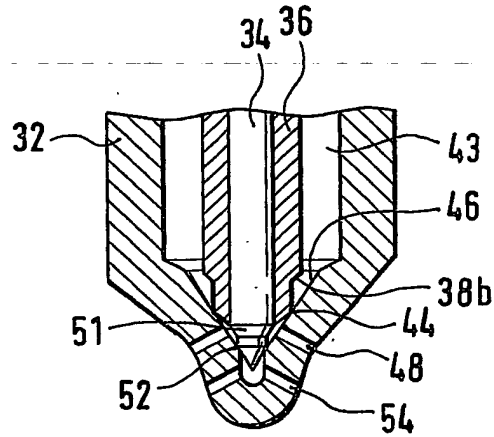


Fig. 2

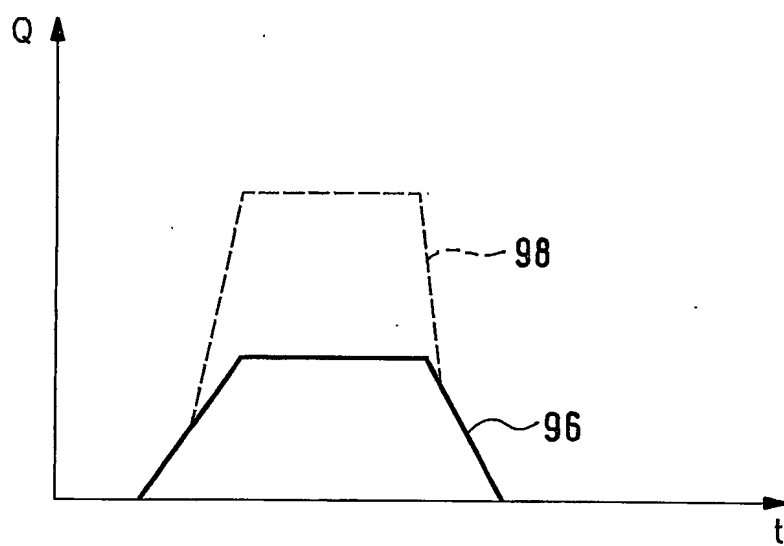
3 / 4

*Fig. 3*



*Fig. 4*

4 / 4

*Fig. 5*